

PAT-NO: JP404023373A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04023373 A  
TITLE: LASER CONTROL DEVICE  
PUBN-DATE: January 27, 1992

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME COUNTRY  
IEHISA, NOBUAKI

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME COUNTRY  
FANUC LTD N/A

APPL-NO: JP02124571  
APPL-DATE: May 15, 1990

INT-CL (IPC): H01S003/00, B23K026/00, H01S003/094, H01S003/10

US-CL-CURRENT: 372/9

**ABSTRACT:**

PURPOSE: To enable an operator to grasp correctly a remaining workable time and to execute reliably a cleaning of optical components and the like by a method wherein a characteristic curve is found from a laser oscillation efficiency and the workable time is calculated and is displayed.

CONSTITUTION: Laser output measured by a power sensor 24 is converted into a digital value by an AD converter 25 and is stored in a memory 10, while an output voltage and high-frequency current of a power supply for excitation use are also read in the memory 10. This laser output, the output voltage and the high-frequency current are stored in each time of rise of a laser. An efficiency calculating means 31 finds excitation input from this output voltage and the high-frequency current and finds a laser oscillation efficiency from this excitation input and the laser output. A characteristic curve generating means 32 generates a characteristic curve from this laser oscillation efficiency. A working time calculating means 33 calculates a workable time of up to reach a low limit of laser oscillation efficiency from the characteristic curve and displays the workable time on a display 18.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A) 平4-23373

⑫ Int.Cl.<sup>3</sup> 識別記号 庁内整理番号 ⑬ 公開 平成4年(1992)1月27日  
 H 01 S 3/00 G 7630-4M  
 B 23 K 26/00 M 7920-4E  
 H 01 S 3/094 Z 7630-4M H 01 S 3/094 S  
 3/10 7630-4M  
 審査請求 未請求 請求項の数 9 (全8頁)

⑭ 発明の名称 レーザ制御装置

⑮ 特 願 平2-124571

⑯ 出 願 平2(1990)5月15日

⑰ 発 明 者 家 久 信 明 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社レーザ研究所内

⑱ 出 願 人 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

⑲ 代 理 人 弁理士 服 部 毅 蔵

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ制御装置

2. 特許請求の範囲

(1) 高周波電圧による励起入力によって励起されるレーザ発振器を制御するレーザ制御装置において、

前記レーザ発振器のレーザ出力を測定するレーザ出力測定手段と、

前記励起入力と、レーザ出力からレーザ発振効率を計算する効率計算手段と、

複数の前記レーザ発振効率を基に、レーザ発振効率の効率特性曲線を生成する特性曲線生成手段と、

前記効率特性曲線から、下限レーザ発振効率までの稼働可能時間を計算する稼働時間計算手段と、前記稼働可能時間を表示する表示手段と、を有することを特徴とするレーザ制御装置。

(2) 前記励起入力、放電励起型ガスレーザの場合には放電電流と印加電圧との積による電力によって決定することを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(3) 前記励起入力、光励起型固体レーザの場合には励起光を発生させる励起ランプの励起入力、あるいはレーザダイオードの励起入力とすることを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(4) 前記レーザ出力測定手段はレーザ発振器を構成するリブ鏡から透過して出射されるレーザ光を測定するように構成したことを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(5) 前記稼働可能時間とともに、あるいは単独で、一回当たりの稼働時間から、使用可能な起動回数を計算して、前記表示装置に表示することを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(6) 前記効率特性曲線が回帰曲線であることを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(7) 前記回帰曲線が指数関数曲線であることを特徴とする請求項5記載のレーザ制御装置。



(8) 前記回帰曲線を生成するために使用するデータを前記複数個のデータから任意に抽出、選択できるように、前記特性曲線生成手段を構成したことを特徴とする請求項6記載のレーザ制御装置。

(9) 前記制御可能時間を越えたときに、警告表示を前記表示画面に表示し、同時に警告音を発する警告音発生装置を備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

### 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はレーザ発振器を制御するレーザ制御装置に関し、特にレーザ発振器の保守情報を表示するレーザ制御装置に関する。

(従来の技術)

CO<sub>2</sub>ガスレーザ等のガスレーザ発振器は高効率で高出力が得られ、ビーム特性も良いので、数値制御装置と結合されたNCレーザ装置として金属加工等に広く使用されるようになった。このよ

うなガスレーザ発振器においては、発振効率を向上させるために、レーザ発振を行って高温になったレーザガスを充分再冷却する必要がある。このため、レーザガスを絶えずループフロー等の送風機で冷却器を通して装置内を循環させている。

しかし、この送風機によりレーザガスが高速で循環している送風系内部には、送風機の軸受け部に使用されている潤滑剤、例えばグリースまたはオイルが封入されており、この潤滑剤が送風系に微量であるが混入する。また、レーザ発振器を製造する場合においても偶発的に送風系内部にSi(シリコン)、Fe(鉄)を主成分とする塵埃等が混入する。

混入した潤滑剤、塵埃等は送風系を経由してレーザ共振器を構成する誘電体コーティングは光反射率の反材または透過率を低下させる。

また、レーザ共振器に使用されている光学部品、特に出力鏡を構成する誘電体コーティングは光反射率が弱いために、これらの潤滑剤、塵埃等が付着しない場合においてもレーザ発振とともに誘電体

が剥離する。

このような原因により、レーザ発振効率は稼働時間とともに低下する。第6図はレーザの稼働時間とレーザ発振効率の関係を示す図である。第6図の横軸はレーザ発振器の稼働時間 $t$ であり、縦軸はレーザ発振効率 $\eta$ である。ここで、レーザ発振効率 $\eta$ は励起入力に対するレーザ出力値を%で表している。レーザ発振効率 $\eta$ が下限レーザ発振効率 $\eta_1$ になる時 $T_c$ で、レーザ発振器の光学部品の清掃等すべき警告が表示装置に表示することが行われている。このような例として特開平1-271081号がある。この警告を見たオペレータはレーザ発振器内部の光学部品の清掃を警告が発生した後、速やかに実施しなければならない。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、オペレータはレーザ発振装置を起動し、始めて警告を知ることとなる。通常、オペレータはレーザ発振装置を使用してレーザ加工の予定を長期的に立てているため、突然発生する

警告に対して、直ちに光学部品の清掃、交換を実施することが不可能な場合が多い。

この結果、ともすれば光学部品の清掃や交換がなおざりになり、レーザ発振器は指令出力と実際に射出されるレーザ出力が一致するように入力電力を増加させ、過大な負担がレーザ励起用電源にかかる。さらに、このような状況が長く続くと、レーザ励起電源や放電管等の故障に至る場合も生じていた。

これらの対策として注入電力をクランプする機能を追加することも考えられるが、レーザ励起電源や放電管が破壊されるのが防止できるが、光学部品の清掃は積極的に実施されないまま、光学部品の清掃で初期性能を回復するものが、交換をしなければならない程度まで劣化してしまうような結果となる。

また、このような警告が発生する前に光学部品の清掃を行う為に注意深くレーザ発振器のレーザ発振効率を起動毎に確認し、下限レーザ発振効率 $\eta_1$ より高い、レーザ発振効率 $\eta_1$ を目安にクリ



ーニングを行うことも可能である。

第7図はレーザ発振効率の変化を示す2つの特性曲線を示す図である。各線の意味は第5図と同じである。効率特性曲線Cでは効率 $\eta_1$ から極低時間 $t_a$ で下限レーザ発振効率 $\eta_m$ に達する。一方、効率特性曲線Dでは、発振効率 $\eta_1$ から下限レーザ発振効率 $\eta_m$ に到達するまでは長時間となる。従って、特性曲線Bの場合は光学部品を清掃しなくとも良いのに清掃をすることになる。

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、レーザ発振器の起動時にレーザ発振効率を計算し、これらのデータから下限レーザ発振効率に到達する時間を推定して、表示するレーザ制御装置を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

本発明では上記課題を解決するために、高周波電圧による励起入力によって励起されるレーザ発振器を制御するレーザ制御装置において、前記レーザ発振器のレーザ出力を測定するレーザ

出力測定手段と、前記励起入力と、レーザ出力からレーザ発振効率を計算する効率計算手段と、複数の前記レーザ発振効率を基に、レーザ発振効率の効率特性曲線を生成する特性曲線生成手段と、前記効率特性曲線から、下限レーザ発振効率までの稼働可能時間を計算する稼働時間計算手段と、前記稼働可能時間を表示する表示装置と、を有することを特徴とするレーザ制御装置が、提供される。

#### 【作用】

効率計算手段は、レーザ励起入力とレーザ出力からレーザ発振効率を計算する。このレーザ発振効率をレーザ発振器の起動時毎に求め、これらのデータから効率特性曲線を求める。稼働時間計算手段は効率特性曲線から、下限レーザ発振効率までの稼働可能時間を計算する。この稼働可能時間は表示装置に表示される。

従って、オペレータはレーザ発振器内部の光学部品の清掃時期を正確に予知することが可能にな

る。これによって、事前に光学部品の清掃を実施する計画を立てることが出来るので、光学部品のメンテナンスが確実な、また速やかに行われる。

#### 【実施例】

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。

第2図は本発明の一実施例のレーザ制御装置のハードウェアの構成を示したブロック図である。図において、プロセッサ1は図示されていないROMに格納された制御プログラムに基づいて、メモリ10に格納された加工プログラムを読み出し、NCレーザ装置全体の動作を制御する。出力制御回路2は内部にD/Aコンバータを内蔵しており、プロセッサ1から出力された出力指令値を電流指令値に変換して出力する。励起用電源3は商用電源を整流した後、スイッチング動作を行って高周波の電圧を発生し、電流指令値に応じた高周波電流を放電管4に供給する。なお、励起用電源3の出力電圧及び高周波電流は出力制御回路2を経由

して、プロセッサ1によって読み取れるように構成されている。この出力電圧及び高周波電流は後述の励起入力の計算に使用される。

放電管4の内部にはレーザガス19が充填しており、励起用電源3から高周波電圧が印加されると放電を生じてレーザガス19が励起される。

リテミッド5は反射率99.5%のゲルマニウム(Ge)製の鏡、出力鏡6は反射率65%のジニクセレン(ZnSe)製の鏡であり、これらはファブリペロー型共振器を構成し、励起されたレーザガス分子から放出される10.5 $\mu$ mの光を増幅して一部を出力鏡6からレーザ光7として外部に出力する。

出力されたレーザ光7は、伝送するシャット23aが閉いている時には、ベンダミラー8で方向を変え、集光レンズ9によって0.2mm以下のスポットに集光されてワーク17の表面に照射される。

メモリ10は加工プログラム、各種のパラメータ等を格納する不揮発性メモリであり、バッテリ



バックアップされたCMOSが使用される。なお、この他にシステムプログラムを格納するROM、一時的にデータを格納するRAMがあるが、本図ではこれらを省略してある。

位置制御回路11はプロセッサ1の指令によってサービンプラットフォーム12を介してサーボモータ13を回転制御し、ボウルスクリーン14及びナット15によってテーブル16の移動を制御し、ワーク17の位置を制御する。図では1軸のみを表示してあるが、実際には複数の制御軸がある。表示装置18にはCRT或いは液晶表示装置等が使用される。

送風機20にはループブロウが使用され、レーザガス19を冷却器21a及び21bを通して循環する。冷却器21aはレーザ発振を行って高温となったレーザガス19を冷却するための冷却器であり、冷却器21bは送風機20による圧縮熱を除去するための冷却器である。

シャッタ制御回路22はプロセッサ1の指令に基づいてシャッタ23aを開閉する。シャッタ2

3aは表面に金メッキが施された銅板またはアルミ板で構成されており、閉時には出力線6から出力されたレーザ光7を反射してビームアップソーバ23bに吸収させる。シャッタ23aを開くとレーザ光7がワーク17に照射される。

パワーセンサ24は熱電あるいは光電変換素子等で構成され、リフト5から二重透過して出力されたレーザ光を入力してレーザ光7の出力パワーを測定する。A/D変換器25はパワーセンサ24の出力をデジタル値に変換してプロセッサ1に入力する。

第1図は本発明の一実施例のレーザ制御装置の概略可能時間を求める機能を実現するためのブロック図である。パワーセンサ24によって測定されたレーザ出力はA/D変換器25でデジタル値に変換されて、メモリ10に格納される。一方、励起電源3の出力電圧及び高周波電流もメモリ10に読み込まれる。このレーザ出力、出力電圧、高周波電流はレーザの立ち上がり時に記憶されていく。効率計算手段31はこの出力電圧及び高

周波電流から励起入力と求め、この励起入力とレーザ出力からレーザ発振効率を求める。特性曲線生成手段32はこのレーザ発振効率から特性曲線を生成する。稼働時間計算手段33は特性曲線から下限レーザ発振効率に到達するまでの稼働可能時間を計算して、表示装置18に表示する。

第3図は本発明の処理のフローチャートである。図において、5に続く数字はステップ番号を示す。

(S1) 効率計算手段31はメモリ10のレーザ出力を読み取り、励起用電源3の出力電圧、高周波電流から励起入力と求める。この励起入力とレーザ出力からレーザ発振効率を求める。

(S2) 特性曲線生成手段32はこれらのレーザ発振効率から、特性曲線を生成する。特性曲線については後述する。

(S3) 稼働時間計算手段33は、この特性曲線から、下限レーザ発振効率 $\eta_l$ に到達するまでの稼働可能時間を計算する。

(S4) この稼働可能時間を表示装置18に表示する。なお、効率計算手段31、特性曲線生成手

段32、稼働時間計算手段33はソフトウェアで構成される。

なお、稼働可能時間を越えて、レーザ装置が運転されているときは、その旨の警告を表示装置18に表示するとともに、オペレータへの警告音を発生する警告音発生装置を設けることもできる。

第4図は特性曲線の例を示す図である。第4図では横軸はレーザ発振器の稼働時間 $h$ 、縦軸はレーザ発振効率 $\eta$ である。特性曲線Aは稼働時間とともに、レーザ発振効率が低下していく様子を表している。今、点Pbの位置にあるものとする、稼働可能時間 $h_r$ 経過後に下限レーザ発振効率 $\eta_l$ に到達するものと推定できる。特性曲線Aは一般に、

$$A = K \cdot \exp(-\alpha t)$$

で表すことができる。ここで、Kは定数、 $\alpha$ は減衰定数である。

第5図は第4図のB部の詳細を示す図である。ここでは、点Pbでのレーザ発振効率をNとし、一回回のレーザ発振効率を(N-1)とし、8回



前のレーザ発振効率を $(N-8)$ で表している。  
これらの点を回帰分析により、平滑曲線として、  
 $A = K \cdot \exp(-\alpha t)$

を満足するように $K$ 、 $\alpha$ を求める。

また、これらのレーザ発振効率のデータは連続に取らずに、1個おき、あるいは2個おき毎にとるように、複数個のデータから任意に抽出、選択できるようにすることもできる。

上記の説明では、下限レーザ発振効率 $\gamma$ に到達するまでの稼働可能時間を表示装置に表示することで説明したが、一般に一回当たりの稼働時間は一定である場合が多いので、一回当たりの稼働時間から、使用可能な起動回数を計算して、前記表示装置に表示するようにすることもできる。

上記の説明では、CO<sub>2</sub>ガスレーザ装置のレーザ発振効率を例に説明したが、光起振型固体レーザの場合には光起振光を発生させる励起入力と、励起ランプの出力との効率に対して、同様に適用することができる。すなわち、上記のように特性曲線を求め、励起ランプの寿命を表示することがで

きる。また、励起用にレーザダイオードを使用する場合も、レーザダイオードを一定時間毎に交換する必要があるので、同様に、レーザダイオードに注入される注入電力と、レーザ出力から発振効率を求め、稼働可能時間を計算して、表示装置に表示することができる。

#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明では、レーザ発振効率から、特性曲線を求め、稼働可能時間を計算して表示するように構成したので、オペレータは残りの稼働可能時間を正確に把握することができ、光学部品の清掃等を増進に実施することができる。

また、的確にメンテナンスができるので、光学部品の劣化、破損を防止できる。

さらに、本発明は固体レーザの励起ランプ、レーザダイオード等の交換等にも適用でき、同様の効果を得ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例のレーザ制御装置の稼働可能時間を求める機能を達成するためのブロック図、

第2図は本発明の一実施例のレーザ制御装置のハードウェアの構成を示したブロック図、

第3図は本発明の処理のフローチャート、

第4図は特性曲線の例を示す図、

第5図は第4図の各部の詳細を示す図、

第6図はレーザの稼働時間とレーザ発振効率の関係を示す図、

第7図はレーザ発振効率の変化の異なる2つの特性曲線を示す図である。

- 3 2 .....特性曲線生成手段  
3 3 .....稼働時間計算手段

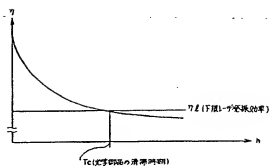
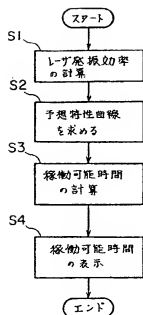
特許出願人      ファナック株式会社  
代理人            弁理士      鹿野毅彦

- 1 .....プロセッサ  
3 .....励起用電源  
4 .....放電管  
10 .....メモリ  
18 .....表示装置  
24 .....パワーセンサ  
31 .....効率計算手段



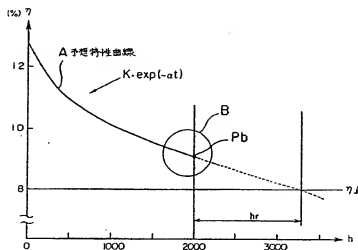






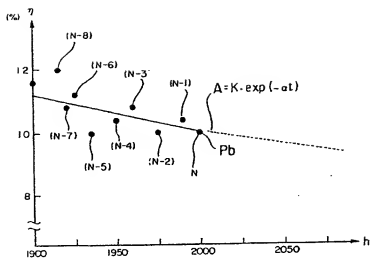
第 6 図

第 3 図

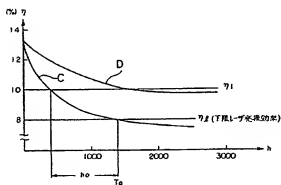


第 4 図





第 5 圖



第 7 因



PAT-NO: JP404023373A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04023373 A  
TITLE: LASER CONTROL DEVICE  
PUBN-DATE: January 27, 1992

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME COUNTRY  
IEHISA, NOBUAKI

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME COUNTRY  
FANUC LTD N/A

APPL-NO: JP02124571  
APPL-DATE: May 15, 1990

INT-CL (IPC): H01S003/00, B23K026/00, H01S003/094, H01S003/10

US-CL-CURRENT: 372/9

**ABSTRACT:**

PURPOSE: To enable an operator to grasp correctly a remaining workable time and to execute reliably a cleaning of optical components and the like by a method wherein a characteristic curve is found from a laser oscillation efficiency and the workable time is calculated and is displayed.

CONSTITUTION: Laser output measured by a power sensor 24 is converted into a digital value by an AD converter 25 and is stored in a memory 10, while an output voltage and high-frequency current of a power supply for excitation use are also read in the memory 10. This laser output, the output voltage and the high-frequency current are stored in each time of rise of a laser. An efficiency calculating means 31 finds excitation input from this output voltage and the high-frequency current and finds a laser oscillation efficiency from this excitation input and the laser output. A characteristic curve generating means 32 generates a characteristic curve from this laser oscillation efficiency. A working time calculating means 33 calculates a workable time of up to reach a low limit of laser oscillation efficiency from the characteristic curve and displays the workable time on a display 18.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio



⑩ 公開特許公報(A) 平4-23373

⑤ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成4年(1992)1月27日

H 01 S 3/00

G 7630-4M

B 23 K 26/00

M 7920-4E

H 01 S 3/094

Z 7630-4M

3/10

7630-4M

H 01 S 3/094

S

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全8頁)

③ 発明の名称 レーザ制御装置

⑥ 特 願 平2-124571

⑦ 出 願 平2(1990)5月15日

⑧ 発 明 者 家 久 信 明 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 フアナツク

株式会社レーザ研究所内

⑨ 出 願 人 フアナツク株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

⑩ 代 理 人 弁理士 服部 毅 蔵

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ制御装置

2. 特許請求の範囲

(1) 高周波電圧による励起入力によって励起されるレーザ発振器を制御するレーザ制御装置において、

前記レーザ発振器のレーザ出力を測定するレーザ出力測定手段と、

前記励起入力と、レーザ出力からレーザ発振効率を計算する効率計算手段と、

複数の前記レーザ発振効率を基に、レーザ発振効率の効率特性曲線を生成する特性曲線生成手段と、

前記効率特性曲線から、下限レーザ発振効率までの稼働可能時間を計算する稼働時間計算手段と、

前記稼働可能時間を表示する表示装置と、

を有することを特徴とするレーザ制御装置。

(2) 前記励起入力は、放電動起型がスレーザの場合には放電電流と印加電圧との積による電力によって決定することを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(3) 前記励起入力は、光励起型固体レーザの場合には励起光を発生させる励起ランプの励起入力、あるいはレーザダイオードの励起入力とすることを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(4) 前記レーザ出力測定手段はレーザ発振器を構成するリア線から透過して出射されるレーザ光を測定するように構成したことを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(5) 前記稼働可能時間とともに、あるいは単独で、一回当たりの稼働時間から、使用可能な起動回数を計算して、前記表示装置に表示することを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(6) 前記効率特性曲線が回帰曲線であることを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

(7) 前記回帰曲線が指数関数曲線であることを特徴とする請求項6記載のレーザ制御装置。



(8) 前記回帰曲線を生成するために使用するデータを前記複数個のデータから任意に抽出、選択できるように、前記特性曲線生成手段を構成したことを特徴とする請求項6記載のレーザ制御装置。

(9) 前記稼働可能時間を越えたときに、警告表示を前記表示画面に表示し、同時に警告音を発する警告音発生装置を備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ制御装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明はレーザ発振器を制御するレーザ制御装置に関し、特にレーザ発振器の保守情報を表示するレーザ制御装置に関する。

#### (従来の技術)

CO<sub>2</sub>ガスレーザ等のガスレーザ発振器は高効率で高出力が得られ、ビーム特性も良いので、数値制御装置と結合されたNCレーザ装置として金属加工等に広く使用されるようになった。このよ

うなガスレーザ発振器においては、発振効率を向上させるために、レーザ発振を行って高温になったレーザガスを充分再冷却する必要がある。このため、レーザガスを絶えずループブロー等の送風機で冷却器を通して装置内を循環させている。

しかし、この送風機によりレーザガスが高速で循環している送風系内部には、送風機の軸受け部に使用されている潤滑剤、例えばグリースまたはオイルが封入されており、この潤滑剤が送風系に微量であるが混入する。また、レーザ発振器を製造する場合においても偶発的に送風系内部にSi(シリコン)、Fe(鉄)を主成分とする塵埃等が混入する。

混入した潤滑剤、塵埃等は送風系を經由してレーザ共振器を構成する光学部品の表面に付着し、光学部品の反射率または透過率を低下させる。

また、レーザ共振器に使用されている光学部品、特に出力鏡を構成する誘電体コーティングは光耐力が弱いために、これらの潤滑剤、塵埃等が付着しない場合においてもレーザ発振とともに誘電体

が剥離する。

このような原因により、レーザ発振効率は稼働時間とともに低下する。第6図はレーザの稼働時間とレーザ発振効率の関係を示す図である。第6図の横軸はレーザ発振器の稼働時間 $t$ であり、縦軸はレーザ発振効率 $\eta$ である。ここで、レーザ発振効率 $\eta$ は駆起入力に対するレーザ出力値を%で表している。レーザ発振効率 $\eta$ が下限レーザ発振効率 $\eta_L$ になる時 $T_c$ で、レーザ発振器の光学部品の清掃等をすべき警告が表示装置に表示することが行われている。このような例として特開平1-271081号がある。この警告を見たオペレータはレーザ発振器内部の光学部品の清掃を警告が発生した後、速やかに実施しなければならない。

#### (発明が解決しようとする課題)

しかし、オペレータはレーザ発振装置を起動しみて、始めて警告を知ることとなる。通常、オペレータはレーザ発振装置を使用してレーザ加工の予定を長期的に立てているため、突然発生する

警告に対して、直ちに光学部品の清掃、交換を実施することが不可能な場合が多い。

この結果、ともすれば光学部品の清掃や交換がおざりになり、レーザ発振器は指令出力と実際に射出されるレーザ出力が一致するように入力電力を増加させ、過大な負担がレーザ駆動電源にかかる。さらに、このような状況が長く続くと、レーザ駆動電源や放電管等の破壊に至る場合も生じていた。

これらの対策として注入電力をクランプする機能を追加することも考えられるが、レーザ駆動電源や放電管が破壊されるのが防止できるが、光学部品の清掃は積極的に実施されないまま、光学部品の清掃で初期性能を回復するものが、交換をしなければならない程度まで劣化してしまうような結果となる。

また、このような警告が発生する前に光学部品の清掃を行う為に注意深くレーザ発振器のレーザ発振効率を起動毎に確認し、下限レーザ発振効率 $\eta_L$ より高い、レーザ発振効率 $\eta_1$ を目安にクリ



ーニングを行うことも可能である。

第 7 図はレーザ発振効率の変化が異なる 2 つの特性曲線を示す図である。各線の意味は第 6 図と同じである。効率特性曲線 C では効率  $\eta_1$  から稼働時間  $t_a$  で下限レーザ発振効率  $\eta_L$  に達する。一方、効率特性曲線 B では、発振効率  $\eta_1$  から下限レーザ発振効率  $\eta_L$  に到達するまでは最長時間となる。従って、特性曲線 B の場合は光学部品を清掃しなくとも良いのに清掃をすることになる。

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、レーザ発振器の起動時にレーザ発振効率を計算し、これらのデータから下限レーザ発振効率に到達する時間を推定して、表示するレーザ制御装置を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

本発明では上記課題を解決するために、

高周波電圧による励起入力によって励起されるレーザ発振器を制御するレーザ制御装置において、前記レーザ発振器のレーザ出力を測定するレーザ

出力測定手段と、前記励起入力と、レーザ出力からレーザ発振効率を計算する効率計算手段と、複数の前記レーザ発振効率を基に、レーザ発振効率の効率特性曲線を生成する特性曲線生成手段と、前記効率特性曲線から、下限レーザ発振効率までの稼働可能時間を計算する稼働時間計算手段と、前記稼働可能時間を表示する表示装置と、を有することを特徴とするレーザ制御装置が、提供される。

#### 【作用】

効率計算手段は、レーザ励起入力とレーザ出力からレーザ発振効率を計算する。このレーザ発振効率をレーザ発振器の起動時毎に求め、これらのデータから効率特性曲線を求める。稼働時間計算手段は効率特性曲線から、下限レーザ発振効率までの稼働可能時間を計算する。この稼働可能時間は表示装置に表示される。

従って、オペレータはレーザ発振器内部の光学部品の清掃時期を正確に予知することが可能にな

る。これによって、事前に光学部品の清掃を実施する計画を立てることが出来るので、光学部品のメンテナンスが確実に、また速やかに行われる。

#### 【実施例】

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。

第 2 図は本発明の一実施例のレーザ制御装置のハードウェアの構成を示したブロック図である。図において、プロセッサ 1 は図示されていない ROM に格納された制御プログラムに基づいて、メモリ 10 に格納された加工プログラムを読み出し、NCレーザ装置全体の動作を制御する。出力制御回路 2 は内部に D/A コンバータを内蔵しており、プロセッサ 1 から出力された出力指令値を電流指令値に変換して出力する。励起用電源 3 は商用電源を整流した後、スイッチング動作を行って高周波の電圧を発生し、電流指令値にに応じた高周波電流を放電管 4 に供給する。なお、励起用電源 3 の出力電圧及び高周波電流は出力制御回路 2 を経由

して、プロセッサ 1 によって読み取れるように構成されている。この出力電圧及び高周波電流は後述の励起入力の計算に使用される。

放電管 4 の内部にはレーザガス 19 が充填しており、励起用電源 3 から高周波電圧が印加されると放電を生じてレーザガス 19 が励起される。

リア鏡 5 は反射率 99.5% のゲルマニウム (Ge) 製の鏡、出力鏡 6 は反射率 65% のジタセレン (ZnSe) 製の鏡であり、これらはフエリペロー型共振器を構成し、励起されたレーザガス分子から放出される 10.6  $\mu\text{m}$  の光を増幅して一部を出力鏡 6 からレーザ光 7 として外部に出力する。

出力されたレーザ光 7 は、伝送するシャット 23a が開いている時には、ベンダミラー 8 で方向を変え、集光レンズ 9 によって 0.2 mm 以下のスポットに集光されてワーク 17 の表面に照射される。

メモリ 10 は加工プログラム、各種のパラメータ等を格納する不揮発性メモリであり、バッテリ



バックアップされたCMOSが使用される。なお、この他にシステムプログラムを格納するROM、一時的にデータを格納するRAMがあるが、本図ではこれらを省略してある。

位置制御回路11はプロセッサ1の指令によってサーボアンプ12を介してサーボモータ13を回転制御し、ボールスクリーン14及びシャット15によってテーブル16の移動を制御し、ワーク17の位置を制御する。図では1軸のみを表示してあるが、実際には複数の制御軸がある。表示装置18にはCRT或いは液晶表示装置等が使用される。

送風機20にはループブローが使用され、レーザガス19を冷却器21a及び21bを通過して循環する。冷却器21aはレーザ発振を行って高温となったレーザガス19を冷却するための冷却器であり、冷却器21bは送風機20による圧縮熱を除去するための冷却器である。

シャット制御回路22はプロセッサ1の指令に基づいてシャット23aを開閉する。シャット2

3aは表面に金メッキが施された銅板またはアルミ板で構成されており、閉時には出力鏡6から出力されたレーザ光7を反射してビームアプスバ23bに吸収させる。シャット23aを開くとレーザ光7がワーク17に照射される。

パワーセンサ24は熱電あるいは光電変換素子等で構成され、リア鏡5から一部透過して出力されたレーザ光を入力してレーザ光7の出力パワーを測定する。A/D変換器25はパワーセンサ24の出力をデジタル値に変換してプロセッサ1に入力する。

第1図は本発明の一実施例のレーザ制御装置の概略可能時間を求める機能を達成するためのブロック図である。パワーセンサ24によって測定されたレーザ出力はA/D変換器25でデジタル値に変換されて、メモリ10に格納される。一方、励起用電源3の出力電圧及び高周波電流もメモリ10に読み込まれる。このレーザ出力、出力電圧、高周波電流はレーザの立ち上がり時毎に記憶されていく。効率計算手段31はこの出力電圧及び高

周波電流から励起入力求め、この励起入力とレーザ出力からレーザ発振効率を求める。特性曲線生成手段32はこのレーザ発振効率から特性曲線を生成する。稼働時間計算手段33は特性曲線から下限レーザ発振効率に到達するまでの稼働可能時間を計算して、表示装置18に表示する。

第3図は本発明の処理のフローチャートである。図において、Sに続く数値はステップ番号を示す。〔S1〕効率計算手段31はメモリ10のレーザ出力を読み取り、励起用電源3の出力電圧、高周波電流から励起入力求める。この励起入力とレーザ出力からレーザ発振効率を求める。

〔S2〕特性曲線生成手段32はこれらのレーザ発振効率から、特性曲線を生成する。特性曲線については後述する。

〔S3〕稼働時間計算手段33は、この特性曲線から、下限レーザ発振効率 $\eta_l$ に到達するまでの稼働可能時間を計算する。

〔S4〕この稼働可能時間を表示装置18に表示する。なお、効率計算手段31、特性曲線生成手

段32、稼働時間計算手段33はソフトウェアで構成される。

なお、稼働可能時間を越えて、レーザ装置が運転されているときは、その旨の警告を表示装置18に表示するとともに、オペレータへの警告音を発生する警告音発生装置を設けることもできる。

第4図は特性曲線の例を示す図である。第4図では横軸はレーザ発振器の稼働時間 $h$ 、縦軸はレーザ発振効率 $\eta$ である。特性曲線Aは稼働時間とともに、レーザ発振効率が低下していく様子を表している。今、点Pbの位置にあるものとする、稼働可能時間 $h_r$ 経過後に下限レーザ発振効率 $\eta_l$ に到達するものと推定できる。特性曲線Aは一般に、

$$A = K \cdot \exp(-\alpha t)$$

で表すことができる。ここで、Kは定数、 $\alpha$ は減衰定数である。

第5図は第4図のB部の詳細を示す図である。ここでは、点Pbでのレーザ発振効率をNとし、一回前のレーザ発振効率を(N-1)とし、8回



前のレーザ発振効率を $(N-8)$ で表している。  
これらの点を回帰分析により、区間曲線として、  
 $A = K \cdot \exp(-\alpha t)$   
を満足するように $K$ 、 $\alpha$ を求める。

また、これらのレーザ発振効率のデータは連続に取らずに、1個おき、あるいは2個おき毎にとるように、複数個のデータから任意に抽出、選択できるようにすることもできる。

上記の説明では、下限レーザ発振効率 $\gamma_L$ に到達するまでの稼働可能時間を表示装置に表示することで説明したが、一般に一回当たりの稼働時間は一定である場合が多いので、一回当たりの稼働時間から、使用可能な起動回数を計算して、前記表示装置に表示するようにすることもできる。

上記の説明では、C.O.ガスレーザ装置のレーザ発振効率を例に説明したが、光励起型固体レーザの場合には励起光を発生させる励起入力と、励起ランプの出力との効率に対して、同様に適用することができる。すなわち、上記のように特性曲線を求め、励起ランプの寿命を表示することがで

きる。また、励起用にレーザダイオードを使用する場合も、レーザダイオードを一定時間毎に交換する必要があるので、同様に、レーザダイオードに注入される注入電力と、レーザ出力から発振効率を求め、稼働可能時間を計算して、表示装置に表示することができる。

#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明では、レーザ発振効率から、特性曲線を求め、稼働可能時間を計算して表示するように構成したので、オペレータは残りの稼働可能時間を正確に把握することができる。光学部品の磨損等を確実に実施することができる。

また、的確にメンテナンスができるので、光学部品の劣化、破損を防止できる。

さらに、本発明は固体レーザの励起ランプ、レーザダイオード等の交換等にも適用でき、同様の効果を得ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例のレーザ制御装置の稼働可能時間を求める機能を実現するためのブロック図、

第2図は本発明の一実施例のレーザ制御装置のハードウェアの構成を示したブロック図、

第3図は本発明の処理のフローチャート、

第4図は特性曲線の例を示す図、

第5図は第4図のB部の詳細を示す図、

第6図はレーザの稼働時間とレーザ発振効率の関係を示す図、

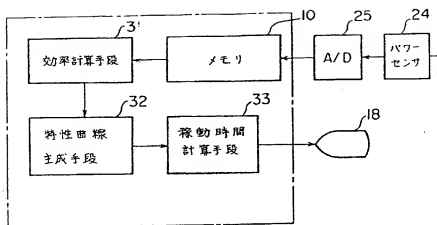
第7図はレーザ発振効率の変化の異なる2つの特性曲線を示す図である。

- 3 2 .....特性曲線生成手段  
3 3 .....稼働時間計算手段

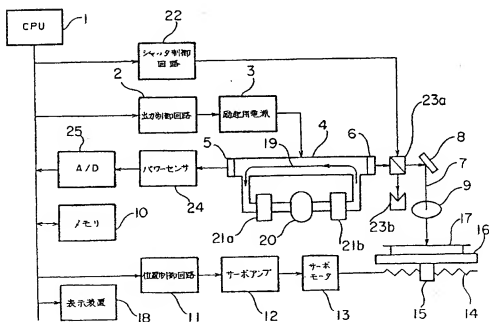
特許出願人      ファナック株式会社  
代理人          弁理士      服部毅雄

- 1 .....プロセッサ  
3 .....励起用電源  
4 .....放電管  
10 .....メモリ  
18 .....表示装置  
24 .....パワーセンサ  
31 .....効率計算手段



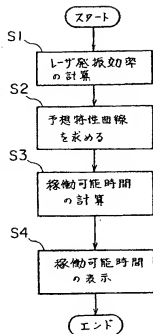


第1図

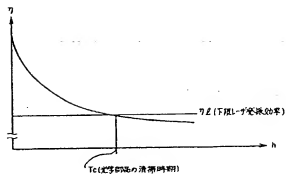


第2図

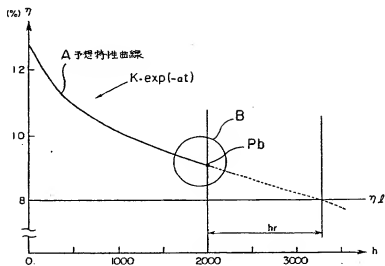




第 3 図

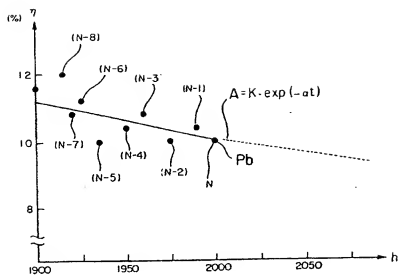


第 6 図

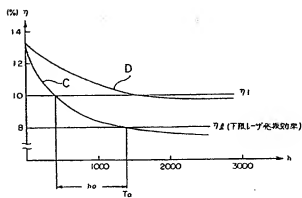


第 4 図





第 5 図



第 7 図